



71 Anmelder:  
WEA Waste Energy Action (international) Ireland  
Ltd., Dublin, IE

74 Vertreter:  
Becker, Kurig, Straus, 80336 München

72 Erfinder:  
Winkelkötter, Peter, 85646 Anzing, DE

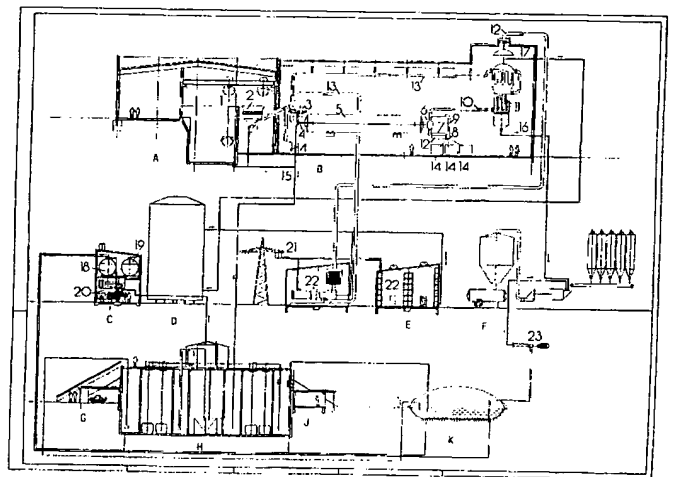
56 Entgegenhaltungen:  
DE 198 09 400 C1  
DE 44 40 750 C1  
DE 199 09 328 A1  
DE 198 57 870 A1  
DE 43 02 740 A1  
US 42 89 625

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Vorrichtung zur vollständigen und schadstofffreien Konversion von Reststoffgemengen

57 Verfahren zur Aufbereitung von Reststoffgemengen, umfassend biogenes Material, insbesondere Biomüll, Holz, Garten- und Lebensmittelabfälle, und/oder Kohlenwasserstoffe bzw. deren organische Verbindungen und zur Konversion von kohlenstoffhaltigen Rest- oder Rohstoffen in den Reststoffgemengen in Energieträger, insbesondere in Wasserstoff, Biogas, Methanol, elektrischen Strom und in Düngemittel, wobei, die Reststoffgemenge zerkleinert und durchmischt werden, die zerkleinerten und durchmischten Rest- oder Rohstoffe entwässert werden, das bei der Entwässerung anfallende Abwasser in einem oder mehreren Reaktoren einer Fermentation unterzogen wird, das im Zuge der Fermentation entstehende Biogas in mindestens einem Kraftwerk zur Energiegewinnung eingesetzt und/oder das Biogas mindestens einen Druckreaktor zugeführt wird, die vermischten und zerkleinerten kohlenstoffhaltigen Rest- oder Rohstoffe in sauerstoffarmer Atmosphäre von Raumtemperatur auf 450-480°C erhitzt werden, wodurch Prozeßgas und ein trockener Rückstand erzeugt wird, die verbleibenden festen Reststoffe bzw. der trockene Rückstand aus Schritt (d) ausgetragen und in eine Grobfraktion, die hauptsächlich Eisenmetalle, Nicht-Eisen-Metall und inertes Mineral dieses Materials enthält und eine Feinfraktion, die mehr als 99% des festen Kohlenstoffes enthält, abgetrennt werden, die Feinfraktion und das Prozeßgas aus Schritt(e) den mindestens einem Druckreaktor zugeführt und dort aufgeschlossen werden.



[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Aufbereitung von Reststoffgemengen und zur Konversion von kohlenstoffhaltigen Rest- oder Rohstoffen in den Reststoffgemengen, umfassend biogenes Material wie Biomüll, Holz, Garten- und Lebensmittelabfälle, und/oder Kohlenwasserstoffe bzw. deren organische Verbindungen. Diese Rest- oder Rohstoffe bzw. die kohlenstoffhaltigen Rest- oder Rohstoffe in den Reststoffgemengen sollen in Energieträger wie Wasserstoff, Biogas, Methanol, elektrischen Strom und in Düngemittel umgewandelt werden.

[0002] Aus energietechnischen und ökologischen Gesichtspunkten wurden in den letzten Jahren Lösungen angestrebt, einerseits nachwachsende Energieträger zur Energieerzeugung auszunutzen und andererseits bei der Abfallentsorgung möglichst umweltschonende Verfahren und Vorrichtungen zu entwickeln. Bei der Müllentsorgung spielt die derzeit in Deutschland erfolgende Müllsortierung eine Schlüsselrolle, wobei jedoch noch keine Verfahren und Vorrichtungen bekannt sind, die in effizienter Weise das Müllaufkommen energetisch nutzen können. Es sind zwar Recycling-Anlagen zum Wiederverwenden von Kunststoffabfällen bekannt, diese erfordern jedoch meistens sortenreines Abfallmaterial, welches nur äußerst selten gegeben ist. Biogenes Material wie Biomüll, Holz, Garten- und Lebensmittelabfälle werden derzeit entweder kompostiert oder unter Fremdenergiezufuhr in Müllverbrennungsanlagen verfeuert. In jedem Fall wird aus diesem biogenen Material sowie aus Kohlenwasserstoffen und deren organischen Verbindungen bis dato kaum ein nennenswerter energetischer Nutzen gezogen.

[0003] Verfahren und Vorrichtungen zur generellen Konversion pflanzlich gebundener Sonnenenergie und von biologischem Material sind z. B. aus der DE 44 02 559 desselben Anmelders bekannt. Weitere Verfahren und Vorrichtungen zur Energieerzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen sind beschrieben in der EP 0 347 765 und der DE 40 42 964.

[0004] DE 198 09 400 C1 und DE 198 57 870 beschreiben weiterhin Verfahren zur Aufbereitung von Reststoffgemengen und zur Konversion von kohlenstoffhaltigen Rest- oder Rohstoffen in den Reststoffgemengen, bei welchen die in den Reststoffgemengen enthaltenden kohlenstoffhaltigen Rest- oder Rohstoffe von anorganischen und/oder metallischen Materialien getrennt werden, die kohlenstoffhaltigen Rest- oder Rohstoffe entwässert und pelletiert werden, das im Zuge der Entwässerung anfallende Abpreßwasser in einem Reaktor einer Fermentation unterzogen wird und das dabei gebildete Biogas in mindestens einem Kraftwerk zur Energiegewinnung eingesetzt und/oder das Biogas mindestens zu einem Druckreaktor zugeführt und dort mit einem pelletiertem Rest- oder Rohstoffen aufgeschlossen wird. DE 198 57 870 und DE 198 09 400 arbeiten ohne Anwendung von Pyrolyse und/oder Verbrennung. Die Sortierung der anfallenden Abfallprodukte bzw. der organische Abfall muß sehr aufwendig durchgeführt werden. Das getrocknete Material wird mittels einer Pelletiereinrichtung in Pellets überführt, die dann in den Wasserdampfreaktor zugeführt werden, worin das Material aufgeschlossen und in Biogas überführt wird. Durch diese Vorgehensweise arbeitet der Druckreaktor nur mit einem suboptimalen Wirkungsgrad, bezogen auf die in den Rest- und Abfallstoffen gespeicherte chemische Energie. Auch ist das Problem der vom Blockheizkraftwerk ausgestoßenen Abgase noch immer nicht befriedigend gelöst.

[0005] Alle oben genannten bekannten Verfahren erfor-

dern weiterhin sortenreines biogenes Material und stellen gesamtkonzeptionsmäßig lediglich Zwischenlösungen dar. Insbesondere ist die Energieausbeute nicht optimiert, und die Handhabung der entstehenden Reststoffe stellt nach wie vor deutliche Probleme dar.

[0006] Dementsprechend besteht ein Bedarf für ein verbessertes Verfahren und eine verbesserte Vorrichtung zur vollständigen und schadstofffreien Konversion von Reststoffgemengen und zur Konversion von kohlenstoffhaltigen Rest- oder Rohstoffen in diesen Reststoffgemengen, wobei unter strenger Berücksichtigung des Kreislaufprinzips der Wirkungsgrad des Verfahrens verbessert werden soll und die sich aus der Verfahrensdurchführung gegebene ökologische Belastung weitgehend vermindert bzw. vermieden werden soll.

[0007] Die obige Aufgabe wird durch das Verfahren gemäß Anspruch 1 bzw. durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 13 gelöst.

[0008] In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung enthalten.

[0009] Insbesondere wird erfindungsgemäß ein Verfahren zur vollständigen und schadstofffreien Konversion von Material, umfassend biogenes Material, insbesondere Biomüll, Holz, Garten- und Lebensmittelabfälle und/oder Kohlenwasserstoffe bzw. deren organische Verbindungen, in Energieträger, insbesondere Wasserstoff, Gas, Methanol, elektrischer Strom, und in Düngemittel, ohne Anwendung von Pyrolyse und/oder Verbrennung angegeben, wobei das Verfahren die Schritte umfaßt: Vorbehandeln des Materials durch Mischen, Zerkleinern und Entwässern des Materials; Vergären des erhaltenen Abpreßwassers in einem Fermenter, wodurch Biogas, insbesondere Methan und Flüssigdünger entsteht; Erhitzen des vermischten, zerkleinerten Abfalls in sauerstoffarmer Atmosphäre von Raumtemperatur auf 400–460°C während 45 min bis 120 min zur Erzeugung eines Prozeßgases und eines trockenen Rückstandes; Austragen der verbleibenden festen Reststoffe bzw. des trockenen Rückstands und Abtrennen einer Grobfraction, die aus Eisenmetallen, Nicht-Eisen-Metallen und einer Inertfraction besteht von einer Feinfraction; Zuführen des bei der Konversion, d. h. Verschwelung entstandenen Prozeß- bzw. Pyrolysegases und der Feinfraction, die 99% des festen Kohlenstoffes enthält, in einen Druckreaktor, insbesondere einen Wasserdampfreaktor dort wird bei 750–820°C in einem geschlossenen System mit überhitztem Wasserdampf die Feinfraction und das Prozeßgas zu Wasserstoffgas und CO bzw. umweltneutralem CO<sub>2</sub> aufgeschlossen; Umwandeln des Wasserstoffgases nach Gasreinigung in Brennstoffzellen in elektrischen Strom oder Konvertieren des Wasserstoffes mit dem gleichzeitig im Wasserdampfreaktor erzeugten CO<sub>x</sub> katalytisch zu Methanol, oder Umwandeln des wasserstoffreichen Gases, welches mittels dem Wasserdampfreaktor erhalten wurde, direkt in Gas- und/oder Dampfturbinen in elektrischen Strom und in Prozeßdampf bzw. -wärme; und Verarbeiten der Reststoffe aus dem Fermenter zu Dünger, wobei ggf. Rückstände aus dem Wasserdampfreaktor zugemischt werden können, oder zu einem Additiv Komposterde weiterverarbeitet werden können.

[0010] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Energieerzeugung aus Material, umfassend biogenes Material, insbesondere organischen Müll, Holz, Garten- und Lebensmittelabfälle, und/oder Kohlenwasserstoffe bzw. deren organische Verbindungen, in Energieträger, insbesondere Wasserstoff, Gas, Methanol und elektrischen Strom, und in Düngemittel, insbesondere zur Durchführung des zuvor erwähnten Verfahrens, umfaßt eine Aufbereitungseinrichtung, die flüssige Bestandteile aus dem Material abscheidet, eine Fermentiereinrichtung, insbesondere einen Vier-Stufen-Biogas-Fer-

menter zur Erzeugung von Biogas und/oder Düngemittel aus den flüssigen Bestandteilen, die in der Aufbereitungseinrichtung abgeschieden werden, einen Wasserdampfreaktor zur Umwandlung des nach der Aufbereitungseinrichtung verbleibenden Materials zu Gasen, insbesondere zu  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$  und  $CH_4$ , und Düngemittel, welches insbesondere als Feststoff vorliegt, und eine Gastrenn- und/oder Konversionseinrichtung, um die im Wasserdampfreaktor und/oder in der Fermentiereinrichtung gebildeten Gase zu trennen und/ oder in Energie bzw. Energieträger zu wandeln.

[0011] Weiterhin umfaßt die erfindungsgemäße Vorrichtung eine Konversions-, d. h. Verschmelzungseinrichtung, in der der vermischte, zerkleinerte Abfall verschwelt wird. Die Konversionseinrichtung ist insbesondere eine leicht geneigte Konversionstrommel, die sich mit 2–4 Umdrehungen/min dreht. Sie enthält üblicherweise innen liegende Heizrohre, die die Wärme auf das umzuwandelnde Material abgibt, das gleichzeitig gut durchmischt und in der Korngröße vergleichmäßig wird.

[0012] Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfaßt weiterhin eine Wirbelstrom-Metallabscheide-Vorrichtung, mit der die Grobfraction, die aus der Konversionstrommel ausgetragen wird, nach Abkühlung der Reststoffe mit Magnet- und Wirbelstrom-Abscheidesystemen in Eisen-Metalle, in Nicht-Eisen-Metalle und eine inerte Fraction, d. h. Steine, Glas, Keramik, sortenrein getrennt wird.

[0013] Demzufolge stellen das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung ein Gesamtkonzept zur Handhabung von organischem Müll, landwirtschaftlichen Produkten, landwirtschaftlichen Resten und/ oder von Kohlenwasserstoffen bzw. deren organischen Verbindungen bereit, ohne daß diesbezüglich Sortenreinheit vorliegen müßte. Die Energieausbeute ist optimiert, wobei die verbleibenden Reststoffe nahezu vollständig als Düngemittel nutzbar sind. Es sollte erwähnt werden, daß die einzelnen Verfahrensschritte sowie die einzelnen Vorrichtungskomponenten an und für sich bekannt sind, jedoch eine erfindungsgemäße Kombination weder bekannt noch nahegelegt ist.

[0014] Vorteilhafterweise ist der Wasserdampfreaktor zur allothermen Vergasung des nach der Aufbereitungseinrichtung verbleibenden Materials ausgelegt. Durch die allotherme Vergasung kann eine höchst effiziente Verwertung erzielt werden, wobei im wesentlichen lediglich Nitratasche als feststoffartig vorliegendes Düngemittel neben den gebildeten Gasen  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $N_2$  und  $CH_4$  übrigbleibt.

[0015] Bei einer der bevorzugten Ausführungsform umfaßt die Aufbereitungseinrichtung eine Sortier- und/oder Trenneinrichtung zum Ausschließen von Metall, Mineralien etc. Insbesondere kann die Sortier- und/oder Trenneinrichtung einen Wirbelstrom-Magnetabscheider, ein Magnetabscheiderband, einen Trommel-Magnetabscheider und/oder einen Fächersichter zur Grobabscheidung von Mineralien umfassen. Diese Metall- und/oder Mineralienabscheidungseinrichtungen sind an und für sich bekannt und bedürfen keiner detaillierten Beschreibung.

[0016] Vorteilhafterweise umfaßt die Gastrenn- und/oder Konversionseinrichtung ein Blockheizkraftwerk, eine Brennstoffzelle, ein Gas- und/oder Dampfturbinen-Kraftwerk und/oder eine Syntheseeinrichtung zum Synthetisieren von Energieträgern wie Methanol. Das Blockheizkraftwerk dient bei einer insbesondere bevorzugten Ausführungsform zur Bereitstellung der internen Energie, Wärme und/oder Dampf. Die Brennstoffzelle und/oder das Gas- und/oder Dampfkraftwerk dient zur Energiewandlung aus Wasserstoff bzw. Wasserstoffgas bzw. wasserstoffhaltigem Gas zu elektrischer Energie und nutzbarer Wärme und zu Düngemittel aufzubereiten.

[0017] Schließlich ist es bevorzugt, daß die Vorrichtung eine Düngemittel-Aufbereitungseinrichtung umfaßt, die z. B. dazu dienen kann, die feststoffartigen Düngemittel aus dem Wasserdampfreaktor mit dem flüssigen Düngemitteln aus dem Fermenter zu kombinieren.

[0018] Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der vorliegenden detaillierten Beschreibung einiger derzeit bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigelegte Zeichnung.

[0019] Die einzige Figur zeigt eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung als Gesamtkonzeption.

[0020] Das Gesamtkonzept umfaßt eine Materialannahmehalle A mit Rolltoren und Bunkerdeckel, eine Sortier- und Aufbereitungsanlage B, ein Blockheizkraftwerk C zur internen Versorgung, eine Synthesegas-Aufbereitungsanlage D mit einem Methanolreaktor, ein Kraftwerk E zur Stromerzeugung aus Synthesegas und Wasserstoff, eine Düngemittelaufbereitungsanlage F, Betriebsräume und ein Labor G, eine Vier-Stufen-Biogas-Fermenter H, Büro- und Sozialräume J sowie eine thermische Schlammmentwässerungsanlage K.

[0021] In der Materialannahmehalle A mit Rolltoren und Bunkerdeckel wird Kommunal Müll oder anderes Ausgangsmaterial angeliefert und im Rohstoffbunker 1 für Restmüll, als unsortiertes und sortenreines Ausgangsmaterial, ggf. separat zwischengelagert.

[0022] Als Ausgangsmaterialien bzw. als Feststoffmenge kommen üblicherweise jede Kombination von organischem und anorganischem Abfall in Frage. Als biogenes Material eignet sich z. B. Biomüll, Holz, Garten- und Lebensmittelabfälle etc. und/oder Kohlenwasserstoffe bzw. deren organische Verbindungen wie beispielsweise Kunststoffe, Polyethylen etc. Weiterhin können auch nachwachsende Rohstoffe, wie z. B. Stroh, Heu; Holzabfälle etc. als Ausgangsmaterial verwendet werden.

[0023] Nach Anlieferung der Abfälle im Rohstoffannahmehallenbunker werden diese in einen oder mehrere Schredder (2), der mit einer Hammermühle kombiniert sein kann, gegeben. Der wenigstens eine Schredder (2) hat die Aufgabe, den Abfall auf Korngröße zu zerkleinern. Durch die Schredderleistung wird gleichzeitig auch eine Durchmischung der Restabfälle bewirkt. Erfindungsgemäß wird nun der zerkleinert und vermischte Abfall mit Hilfe einer Entwässerungspresse (3) entwässert. Das abgeschiedene Wasser bzw. die abgeschiedene Brühe wird über ein Leitungssystem der Fermentiereinrichtung H zugeführt. Die von der flüssigen Phase befreiten Bestandteile können dem Gesamtprozeß erneut zugeführt werden. Durch eine Trommelspeiseschleuse (4) gelangt nun die Festfraction in den Schwel- und Brennconverter (5). Hier wird der vermischte, zerkleinerte Abfall in sauerstoffarmer Atmosphäre von Raumtemperatur auf  $450^{\circ}C$  erhitzt, wodurch Prozeßgas und eine trockener Rückstand erzeugt wird. Die leicht geneigte Konversionstrommel dreht sich mit 2–4 Umdrehungen/min. Innen liegende Heizrohre übertragen die Wärme auf das umzuwandelnde Material, das gleichzeitig gut durchmischt und in der Korngröße vergleichmäßig wird. Das erzeugte Prozeßgas wird durch das Restaustagsgehäuse über eine Beschickungseinrichtung (10) dem Spezial-Wasserdampfdruckreaktor (11) zugeführt. Die verbleibenden Reststoffe aus der Verschmelzung werden mit etwa  $450^{\circ}C$  aus der Konversionstrommel (5) ausgetragen und anschließend gegebenenfalls mit einer Kühlschnecke auf eine Temperatur von unter  $100^{\circ}C$  abgekühlt. Eine Siebeinrichtung (8) bzw. ein Wirbelstrommetallabscheider trennt danach den Reststoff in eine Grobfraction, die hauptsächlich Eisen-Metalle, Nicht-Eisen-Metalle und inertes mineralisches Material, d. h. Steine,

Glas, Keramik enthält und in eine Feinfraktion.

[0024] Die Grobfraktion wird mit Magnet- und Wirbelstromabscheidesystemen in Eisen-Metall, Nicht-Eisen-Metalle und eine inerte Fraktion (Steine, Glas, Keramik) sortenrein getrennt.

[0025] Die entstehende Feinfraktion enthält mehr als 99% des festen Kohlenstoffes, der über einen Kohlenstaub-Bypass (9) über die Beschickungseinrichtung (10) dem Wasserdampfreaktor (11) zugeführt wird.

[0026] In dem Wasserdampfreaktor (11) wird das Prozeß- bzw. Pyrolysegas zusammen mit der Feinfraktion bevorzugt allotherm vergast, so daß praktisch aus flüssigem Wasserstoff Wasserstoff und CO<sub>2</sub> entsteht.

[0027] Neben den gebildeten Gasen erzeugt der Wasserdampfreaktor lediglich geringe Mengen an Nitratasche, welche in der gezeigten Ausführungsform einer Düngemittelaufbereitungsanlage F zugeführt werden. Die im Wasserdampfreaktor 11 gebildeten Gase werden in der gezeigten Ausführungsform einer Syntesegas-Aufbereitungsanlage mit zugeordnetem Methanolreaktor zugeführt.

[0028] Auch die in der Fermentiereinrichtung H gebildeten Biogase werden der Synthese-Aufbereitungsanlage und dem Methanolreaktor D zugeführt. Ein Teil des erzeugten Gases kann zur Darstellung eines autarken Gesamtsystemes zur Eigenversorgung in einem Blockheizkraftwerk C umgesetzt werden. Zu diesem Zweck sind in dem Blockheizkraftwerk vorgesehen ein Thermoträgeröl-Puffertank 18, ein Agrodiesel-Tank 19 und ein Gasdieselmotor-Aggregat 20.

[0029] Wie vorangehend erläutert, kann die Blockheizkraftwerk-erzeugte Wärme, der erzeugte Strom und/oder der erzeugte Dampf zur Eigenversorgung, insbesondere des Wasserdampfreaktors 11 und der vorgeschalteten Aggregate, verwendet werden.

[0030] Die nicht zum Eigenverbrauch verwendeten Gasbestandteile können über Brennstoffzellen 22 oder auch nicht dargestellten Gas- und/oder Dampfturbinen in Strom gewandelt werden und über ein Leitungssystem 21 dem öffentlichen Energienetz zugeführt werden.

[0031] Die Reststoffe des Fermenters werden der thermischen Schlammmentwässerungsanlage K zugeführt, von wo über eine Schlammpumpe abgesetzter Schlamm der Düngemittelaufbereitungsanlage F zugeführt werden kann.

[0032] Demzufolge stellt das beschriebene System eine integrierte Anlage bereit, die autark betrieben werden kann, die zuvor beschriebenen Ausgangsmaterial praktisch vollständig umsetzt und einen insgesamt sehr hohen Wirkungsgrad aufweist bei lediglich minimalen Emissionen.

[0033] Im folgenden sollen mögliche Emissionen der einzelnen Anlagenkomponenten diskutiert werden. Dabei wird auch das Zusammenwirken der Einzelkomponenten im Gesamtsystem berücksichtigt.

[0034] Umweltauswirkungen können dabei prinzipiell von den folgenden Komponenten erwartet werden:

- Annahme und Trennung des Kommunalmölls als Ausgangsmaterial
- Pelletierung und Trocknung des Ausgangsmaterials
- Fermentierungsstufe für die Flüssigphase
- Blockheizkraftwerk für das Biogas
- Wasserdampfreaktor (Steamreformer)
- Gasreinigung (Gaswäschen und Gasfilter)
- Brennstoffzellen zur Stromerzeugung

[0035] Im folgenden sollen mögliche Emissionen der einzelnen Teilstufen diskutiert werden.

## a) Müllannahme und Mülltrennung

[0036] Die Annahme des Kommunalmölls findet in einer geschlossenen Fahrzeughalle mit Rollloren statt. Die Fahrzeuge werden anschließend in einen ebenfalls geschlossenen Müllbunker entleert, so daß davon keine relevanten Geruchsbelästigungen erwartet werden können. Zusätzlich stehen sowohl Annahmehalle als auch Müllbunker unter leichtem Unterdruck, wodurch ebenfalls ein Freisetzen geruchsrelevanter Gase verhindert wird. Der Unterdruck wird dadurch erzeugt, daß die abgesaugten Gase als Ansaugluft für das Blockheizkraftwerk (Gasmotoren) und zur Luftzufuhr der Brenner des Steamreformers verwendet werden.

[0037] In dieser geschlossenen Halle findet auch die Mülltrennung statt, so daß auch davon keine relevanten Umweltwirkungen zu erwarten sind. Für die Vergasung des Biomülls ist allerdings eine sorgfältige Abtrennung einiger nicht-organischer Bestandteile des Kommunalmölls, wie Metalle, chlor- und fluorhaltige Kunststoffe, notwendig, da diese die Emissionen aus der Steamreformerstufe – über die Bildung unter anderem von halogenhaltigen Gasen – erhöhen könnten. Alle anderen Kohlenwasserstoffe und deren organische Verbindungen sind problemlos handhabbar. Aufgrund der vorliegenden Pläne zur Mülltrennung ist aber zu erwarten, daß eine hinreichend saubere Mülltrennung gewährleistet ist. Die abgetrennten Komponenten des Kommunalmölls (z. B. Schrott, Metalle, Glas, Bau- und Mineralstoffe) werden in speziellen Bunkern gesammelt und wenn möglich, der Reststoffwiederverwertung zugeführt.

## b) Fermentierungsstufe

[0038] Im Vier-Stufen-Fermenter wird die abgetrennte Flüssigphase des ausgepreßten Materials bzw. Biomülls, der nur noch einen geringen Feststoffgehalt besitzt, zu Biogas vergärt. Da der gesamte Biogasreaktor abgeschlossen ist, kann auch hier eine Gasbeeinträchtigung ausgeschlossen werden. Bisherige von der WEA gebaute und seit Jahren in Betrieb befindliche Biofermenter, die im Hinblick auf ihre Emissionen überprüft wurden, bestätigen diese Aussage. Ein weiterer ökologischer Vorteil ist, daß zur Belüftung des Substrats und zur Einstellung der optimalen Vergärungstemperatur die Abwärme aus den Gasmotoren und den Brennern des Steamreformers verwendet werden soll.

[0039] Das erzeugte Biogas wird anschließend über Filter gereinigt und im geschlossenen Rohrsystem den Gasmotoren zur Strom- und Wärmeerzeugung zugeführt. Das entstehende CO<sub>2</sub> wird über Luftfilter gereinigt und an die Außenluft abgegeben.

[0040] Die vergärte schlammhaltige Flüssigphase des Fermenters wird über Rohrleitungen in einen Schlamm-polder gepumpt. Dieser Schlamm-polder ist mit Folien-dichtungen aus Hochdruckpolyethylen (HDPE) abgedichtet und gegen Lecks mit einer Drainage und Leckwächtern gesichert. In diesem Schlamm-deich wird das überstehende Wasser verdunstet und dadurch die vergärte Schlammphase aufkonzentriert. Der getrocknete Schlamm aus der Vergärung ist weitgehend geruchlos und stellt einen wertvollen Dünger für die Landwirtschaft dar.

[0041] Negative Umweltauswirkungen aus dem Schlamm-polder, Geruchsbelästigungen, sind bei dem vergärten Substrat nicht zu erwarten. Eine Verunreinigung des Untergrundes des Schlamm-polders mit der Gefahr der Verunreinigung des Grundwassers ist bei sachgerechter Bauausführung und aufgrund geplanter Sicherheitsmaßnahmen nicht zu erwarten.

## c) Blockheizkraftwerk (Gasmotoren)

[0042] In den Gasmotoren wird das erzeugte Biogas zur Stromversorgung (Eigenstrombedarf der Anlage) und zur Wärmeerzeugung verbrannt. Bei dieser Technik handelt es sich um ein weltweit angewandtes Verfahren, da Stand der Technik ist und aufgrund seiner geringen Emissionen nicht weiter diskutiert werden muß. Geräuschemissionen werden durch die Aufstellung in einer geschlossenen Halle minimiert. Weitere energetische und ökologische Vorteile ergeben sich dadurch, daß die Verbrennungsluft für die Motoren aus der Müllannahmehalle abgesaugt wird und das heiße Abgas der Gasmotoren zur Trocknung der Pellets und zur Belüftung des Fermenters verwendet wird.

## d) Wasserdampfreaktoren (Steamreformer)

[0043] Steam-Reformer wird weltweit vor allem zur Vergasung von Kohle, Torf, Stroh, Erdgas, Holzabfällen und Abfällen aus der Zelluloseherstellung angewandt. Bei diesem Verfahren wird das Material, umfassend biogenes Material und/oder Kohlenwasserstoff in einem geschlossenen Edelstahlbehälter bei erhöhten Drücken (bis 6 bar) und bei ca. 820°C mit Heißdampf vergast und in CO/CO<sub>2</sub> und Wasserstoffgas gespalten. Bei stickstoffhaltigem Material wird NO<sub>x</sub> und bei schwefelhaltiger Biomasse CO<sub>x</sub> Gas erzeugt. Aus alkalihaltigem Material können Salze und mit chlorhaltiger Biomasse (z. B. PVC) Chloride oder HCl-Gase entstehen. Daneben bilden sich, abhängig vom Vergasertyp, geringe Mengen von Teerverbindungen.

[0044] Ein Wirbelschichtvergaser kann auch im Dauerbetrieb nur geringste Mengen von Teerverbindungen (kleiner 1%) erzeugen. Durch die wiederholte Rückführung des Staubes wird der Gehalt an Teerverbindungen weiter reduziert.

[0045] Das wasserstoffhaltige Gas wird, nach Oxidation von CO zu CO<sub>2</sub>, in einem Naßfilter von sauren Gasen (wie HCl, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>) abgetrennt, in einem Zyklon und einem Elektrofilter vom Staub gereinigt und ggf. nach Abtrennung von CO<sub>2</sub> über Palladiumfilter, über Rohrleitungen der Brennstoffzellen zur Stromerzeugung zugeführt. Die in sehr geringer Menge anfallenden Stäube werden auf ihre chemischen Zusammensetzung überprüft und können anschließend, zusammen mit der mineralhaltigen und stickstoffhaltigen Schlacke aus dem Steamreformer, problemlos deponiert werden. Abhängig von der Zusammensetzung des eingesetzten Biomülls ist möglicherweise auch eine Verarbeitung zu einem nitrathaltigen Dünger möglich.

[0046] Die geringen Mengen salzhaltiger Wässer aus der nassen Gaswäsche werden mit Kalkmilch neutralisiert und können entweder entsorgt, oder, abhängig von der chemischen Zusammensetzung in den Schlammfelder geleitet werden.

[0047] Umweltrelevante gasförmige Emissionen sind aufgrund der sorgfältigen Steam-Reformers nicht zu erwarten. Alle bisherigen Erfahrungen im Ausland haben gezeigt, daß relevante Emissionsgrenzwerte teilweise um Größenordnungen unterschritten werden.

## e) Brennstoffzellen

[0048] Bei der Brennstoffzelle wird das gereinigte wasserstoffreiche Gas aus dem Steamreformer zusammen mit Sauerstoff (bzw. Luft) in einer elektrochemischen Reaktion direkt in elektrischen Strom umgewandelt. Die Reaktion findet, abhängig vom Brennstoffzellentyp, bei Temperaturen ab 80°C mit einem Wirkungsgrad von über 50 bis 65% statt. Die Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser ist

dabei vollkommen emissionsfrei ("Zero-emission technique").

[0049] Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Erfindung es ermöglicht, Material, umfassend biogenes Material wie Biomüll, Holz, Garten- und Lebensmittelabfälle, und/oder Kohlenwasserstoffe bzw. deren organische Verbindungen, in einfacher, effizienter, ökologischer Weise handzuhaben, bei hoher Ausnutzung der gewinnbaren Energie. Als besondere Anwendungen kommen die Umsetzung von verdorbenen, verpackten Lebensmitteln oder auch von in Polyethylen verpacktem Kompost oder Biomüll in Betracht, so daß die Gesamtkonzeption als neu und erfinderisch anzusehen ist.

## f) Konversion (Verschmelzung)

[0050] In der Verschmelzungsstufe wird in einfacher Weise die Reststoffe in Grob- und Feinfraktionen aufgeteilt. Wesentlich ist dies in der Konversionsstufe der unter sauerstoffarmer Atmosphäre sowie unter leichtem Unterdruck der vermischte, zerkleinerte Abfall von Raumtemperatur auf etwa 420–480°C erhitzt und dadurch Prozeßgas erzeugt wird. Im Prozeßgas sind kohlenstoffhaltige Anteile, wie CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> vorhanden. Durch die Nachbehandlung, d. h. Abtrennen mittels eines Wirbelstromabscheidesystems, entstehen Grob- und Feinfraktionen. Die Feinfraktion wird dann noch mit einem Walzenbrecher zerkleinert, um Korngrößen kleiner 1 mm zu erhalten. Dadurch wird ein Anstieg der Kohlenstoffkonzentration im Feinreststoff auf ca. 30% erzielt. Die Feinfraktion enthält somit mehr als 99% des festen Kohlenstoffes, der mit dem Reststoff aus der Konversionstrommel ausgetragen wird.

[0051] Durch Einsatz der Konversionsstufe werden somit sortenrein Eisen-Metalle, Nicht-Eisen-Metalle sowie mineralisches Material erhalten.

## Legende zur Biomass-Konversionsanlage (Fig. 1),

bestehend aus:

## I. Gebäude

- A Materialannahmehalle mit Rolltoren und Bunkerdeckel
- B Sortier- und Aufbereitungsanlage
- C Blockheizkraftwerk zur internen Versorgung
- D Synthesegasaufbereitungsanlage
- E Kraftwerk zur Stromerzeugung aus Synthesegas und Wasserstoff
- F Düngemittelaufbereitungsanlage
- G Betriebsräume + Labor
- H 4-Stufen-Biogasfermenter
- J Büro- + Sozialräume
- K thermische Schlammmentwässerungsanlage

## II. Ausrüstung (Fig. 1)

- 1 Rohstoffannahmehalle für Restmüll, unsortiert
- 2 6-Wellen-Schredder + Hammermühle
- 3 Entwässerungspresse
- 4 Trommelspeise-Schleuse
- 5 Schwel- und Brennconverter
- 6 Reststoffaustragsgehäuse
- 7 Wirbelstrom-Metallabscheider
- 8 Sortiereinrichtung
- 9 Kohlestaub-Bypass
- 10 Beschickungseinrichtung
- 11 Spezial-Wasserdampfreaktor mit Katalysator und Heißgasregister-Wärmetauscher

- 12 Unterdruckanlage Halk
- 13 Heißgasversorgung für Schmel- und Brenntrommel
- 14 Recyclinggut-Container
- 15 Flüssigsubstrat-Transportleitung
- 16 Entaschung
- 17 Synthesegas-Transportleitung
- 18 Thermoträgeröl-Puffertank
- 19 Agrodiesel-Tank
- 20 Gasdieselmotoren-Aggregate (Biogas + Agrodieselszündöl zur internen Strom- + Wärmeversorgung)
- 21 Transportleitung zur Netzübergabe
- 22 Brennstoffzellen- und/oder Gasturbinen-Dampfturbinen-Kraftwerk
- 23 Schlammpumpe zur Düngemischanlage

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Aufbereitung von Reststoffgemengen, umfassend biogenes Material, insbesondere Biomüll, Holz, Garten- und Lebensmittelabfälle, und/oder Kohlenwasserstoffe bzw. deren organische Verbindungen und zur Konversion von kohlenstoffhaltigen Rest- oder Rohstoffen in den Reststoffgemengen in Energieträger, insbesondere in Wasserstoff, Biogas, Methanol, elektrischen Strom und in Düngemittel, **dadurch gekennzeichnet, daß**
  - (a) die Reststoffmenge zerkleinert und durchmischt werden,
  - (b) die zerkleinerten und durchmischten Rest- oder Rohstoffe entwässert werden,
  - (c) das bei der Entwässerung anfallende Abwasser in einem oder mehreren Reaktoren einer Fermentation unterzogen wird,
    - (c1) das im Zuge der Fermentation entstehende Biogas in mindestens einem Kraftwerk zur Energiegewinnung eingesetzt und/oder
    - (c2) das Biogas mindestens einen Druckreaktor zugeführt wird,
  - (d) die vermischten und zerkleinerten kohlenstoffhaltigen Rest- oder Rohstoffe in sauerstoffarmer Atmosphäre von Raumtemperatur auf 450–480°C erhitzt werden, wodurch Prozeßgas und ein trockener Rückstand erzeugt wird,
  - (e) die verbleibenden festen Reststoffe bzw. der trockene Rückstand aus Schritt (d) ausgetragen und in eine Grobfraction, die hauptsächlich Eisenmetalle, Nicht-Eisen-Metall und inertes Mineral dieses Materials enthält und eine Feinfraction, die mehr als 99% des festen Kohlenstoffes enthält, abgetrennt werden,
  - (f) die Feinfraction und das Prozeßgas aus Schritt (e) den mindestens einem Druckreaktor zugeführt und dort aufgeschlossen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufschlußreaktion (f) im Druckreaktor bei einer Temperatur zwischen 550 und 850°C, vorzugsweise zwischen 750 und 820°C durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufschlußreaktion (f) als Wasserdampfdruckreaktion erfolgt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß von den bei der Aufschlußreaktion (f) im Druckreaktor gebildeten, gasförmigen Bestandteilen Wasserstoff abgetrennt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Auftrennung durch einen Gasfilter erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß der abgetrennte Wasserstoff mit dem Abgasstrom, insbesondere mit kohlenmonoxidhaltigen Abgasen, zu Methanol umgesetzt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der bei der Energiegewinnung mit Biogas (c1) im Kraftwerk gebildete Abgasstrom zu Methanolsynthese eingesetzt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die nach Abtrennung des Wasserstoffs verbliebenen gasförmigen Bestandteile dem Kraftwerk zugeführt und zur Energiegewinnung eingesetzt werden.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man für die Konversionsstufe (d) eine Verschmelzungstrommel verwendet, die mit heißen Abgasen aus dem Dampfturbinenkraftwerk vorgeheizt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Reststoffe aus den Reaktoren der Stufe (c) zu Dünger verarbeitet werden, wobei gegebenenfalls Rückstände aus dem Druckreaktor zugemischt werden können oder zu einem Additiv für Komposterde weiterverarbeitet werden können.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückstände aus dem Reaktor der Stufe (f) zusammen mit weiteren Additiven wie Mineralsalzen zu Komposterde bzw. Dünger weiterverarbeitet werden.

12. Verfahren nach einem, der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man in der Konversionsstufe (d) bei Temperaturen von 400–460°C und geringem Unterdruck (0,1 bis 1 m Wassersäule) die vermischten und zerkleinerten Rest- oder Rohstoffe während einer Zeitdauer von 45–120 min behandelt.

13. Vorrichtung zur Aufbereitung von Reststoffgemengen, umfassend biogenes Material, insbesondere Biomüll, Holz, Garten- und Lebensmittelabfälle, und/oder Kohlenwasserstoffe bzw. deren organische Verbindungen und zur Konversion von kohlenstoffhaltigen Rest- oder Rohstoffen in den Reststoffgemengen in Energieträger, insbesondere Wasserstoff, Biogas, Methanol und elektrischen Strom und in Düngemittel, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1–12, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung in Kombination mindestens eine Konversionseinrichtung bzw. Verschmelzungseinrichtung, mindestens einen Fermentierungsreaktor, mindestens ein Kraftwerk und mindestens einen Druckreaktor umfaßt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der (die) Druckreaktor(en) als Wasserdampfdruckreaktor(en) ausgestaltet ist (sind).

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß das (die) Kraftwerk(e) als Blockheizkraftwerk(e) mit Gasmotor und/oder Gasturbinenbetrieb ausgestaltet ist (sind).

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13–15, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckreaktor eine Beschickungseinrichtung aufweist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13–16, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Gastrenn- und/oder Konversionseinrichtung mit folgenden Vorrichtungen umfaßt:

ein Blockheizkraftwerk, insbesondere zur Bereitstellung von interner Energie, Wärme und/oder Dampf;  
eine Brennstoffzelle zur Umsetzung von Wasserstoff oder wasserstoffhaltigen Gas in Strom;

ein Gas- und/oder Dampfkraftwerk; und/oder  
eine Syntheseeinrichtung zum Synthetisieren von  
Energieträgern wie Methanol.

18. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden An-  
sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung 5  
eine Düngemittelaufbereitungseinrichtung umfaßt.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

10

15

20

25

30

35

40

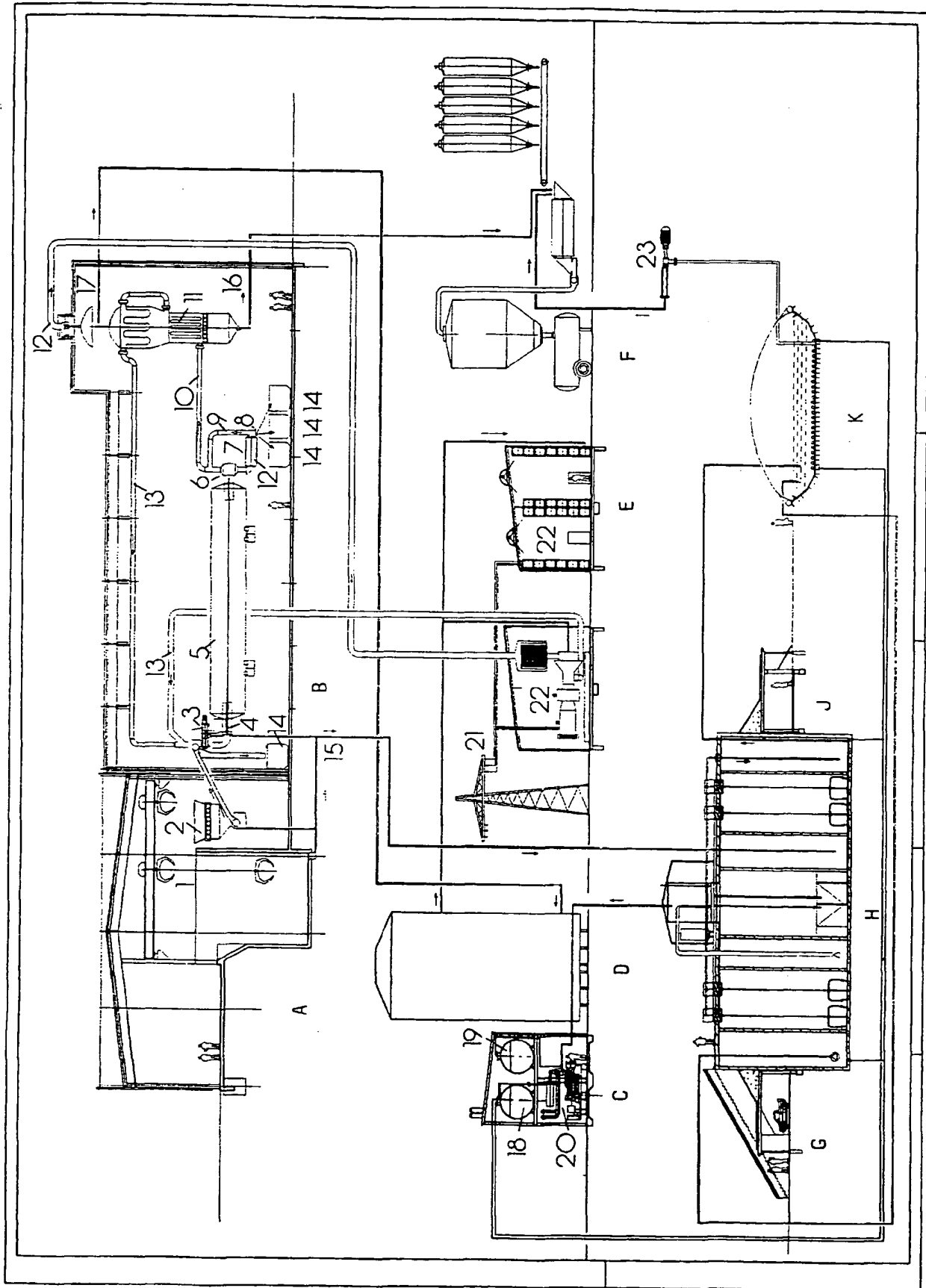
45

50

55

60

65



Figur 1